

Bírálói vélemény Gergely Árpád László

Gravitációsan sugárzó kompakt kettősök és brán-elméleti kutatások

című, az MTA doktora címért benyújtott dolgozatáról

A disszertáció két, nagyjából egyforma hosszúságú részből áll. Az első részben a jelölt kettős rendszerek mozgását tárgyalja a másodikban pedig a gravitáció egy lehetséges magasabb dimenziós modelljét. Mindkét részben klasszikus általános relativitáselméleti módszerek kerülnek alkalmazásra. A dolgozat gondosan, precízen megírt, és tömörsége ellenére érthetően van megfogalmazva. Az átfogott hatalmas témát figyelembe véve, valószínűleg mégis hasznosabb lett volna hosszabb dolgozat megírása, és a megértéshez szükséges alapismeretek részletesebb bemutatása. A dolgozat a szerző nagy számú nemzetközi folyóiratokban megjelent cikkének eredményeit foglalja össze, és kétségtelenül tartalmaz elegendő saját tudományos eredményt a doktori fokozat megszerzéséhez.

A disszertáció első része fekete lyuk vagy neutroncsillag kettős rendszerek mozgásával és gravitációs sugárzásával foglalkozik. Az alkalmazott módszer a poszt-newtoni kifejtés, ahol a kis paraméter a gravitáció erősségével és a testek sebességével kapcsolatos. Magasabb rendű járulékok figyelembe vételével a módszer nagyon jó leírását adja az egymás körül keringő kettősöknek. Csak az összeolvadás előtti néhány keringésre szükséges bonyolult, szuperszámítógépeket igénylő, numerikus szimulációkat alkalmazni. A téma különösen időszerű, mivel a tökéletesítés alatt álló gravitációs hullám detektorok pár éven belül remélhetőleg már valóban gravitációs hullámokat fognak mérni. A gravitációs összeomlással kialakuló kompakt csillagok vagy fekete lyukak az impulzusmomentum megmaradás miatt nagyon gyors forgásra tesznek szert, így várhatóan jelentős spinnel rendelkeznek. A jelölt által a poszt-newtoni formalizmus terén elért, nemzetközileg is elismert, eredmények a kettős rendszerekben a tagok spinjeinek hatására vonatkoznak.

A szükséges formalizmust a szerző tömören és precízen ismerteti. A rengeteg szükséges szög és hosszúság változó áttekintése az ábrák segítségével is komolyabb erőfeszítést igényel az olvasótól. Az égi mechanikában nem járatos olvasó számára hasznos lett volna olyan elnevezések magyarázata, mint a valódi anomália és a felszálló csomó, ide értve azt is, hogy egy szög jellegű mennyiséget miért hívunk hosszúnak. Először a sugárzási veszteség nélküli rendekig kerülnek bemutatásra a két spinnel rendelkező test mozgását leíró mennyiségek és azok fejlődése. A következő fejezetben a magasabb rendben bekövetkező, gravitációs sugárzás által okozott változások leírása következik. Itt érdekes új eredmény, többek között az, hogy a spin önkölcsönhatás akkor is járulékot ad, ha csak az egyik test forgása számottevő. Arra, hogy a kompakt asztrofizikai objektumok forgása fizikailag is fontos jelenség, jó példa a rádiógalaxisok szerkezete. Ezeknél a központi szupernehéz fekete lyuk által a forgástengely irányában kibocsátott nyalábokat figyelhetünk meg. Az érdekesség az, hogy ha két ilyen központi fekete lyuk ütközik, akkor a spin és a kibocsátott nyaláb iránya is megváltozik, és ez meggyőző magyarázatot ad az X-alakú rádiógalaxisok szerkezetére. A dolgozat ezen részével kapcsolatban azt a kérdést szeretném feltenni, hogy mit lehet tudni a poszt-newtoni kifejtés konvergenciájáról? A bevezetőben említi a szerző, hogy bizonyos esetekben a rend növelése nem vezet pontosabb hullámformához. Ezt mi az okozhatja?

A dolgozat második különálló része az úgynevezett brán gravitációs elméletek részletes leírását adja. Itt a brán a membrán szó második feléből ered, az angol nyelvű irodalomban használt kifejezés mintájára. A brán elméletekben a mi $3+1$ dimenziós téridőnk egy magasabb dimenziós téridő egy hiperfelületeként jelenik meg, amelyre az összes általunk megfigyelhető anyag és anyagmező korlátozva van. Mivel a teljes $4+1$ dimenziós téridő is görbültnek van feltételezve, a gravitáció természetesen a magasabb dimenzióban is jelen van. A jelölt fontos új eredménye ebben a témakörben a brán modellek egy, a korábbiánál általánosabb, osztályának matematikailag precíz leírása. A legfontosabb általánosítás a brán nem szimmetrikus beágyazásának megengedése, amely esetben a brán

két oldalán lévő ötdimenziós téridő különböző lehet. A bránra korlátozott anyag energia-impulzus tenzorának egy metrikával arányos részét brán feszültségként szokás értelmezni. A jelölt munkáiban a brán feszültség tér és időfüggése is megengedett. Az értekezés hetedik fejezetében a brán beágyazását és fejlődését leíró egyenletek részletes ismertetését találjuk. Az új szabadsági fokok bevezetésének hasznossága az elmélet kozmológiai és asztrofizikai alkalmazásakor derülhet ki. Az következő fejezetben a teljes ötdimenziós téridő minden pontján kozmológiai szimmetriát feltételezve, a brán kozmológia fejlődési egyenletei kerülnek kidolgozásra. Alkalmazásként a szerző azt a speciális esetet tekinti, amikor a homogén $3+1$ dimenziós terünket beágyazó téridő egy ötdimenziós sugárzó fekete lyuk tere. A dolgozat utolsó részében a bránon elhelyezkedő csillag belső és külső terének vizsgálata következik.

A dolgozat második részével kapcsolatban a következő kérdéseim lennének. A brán világokról szóló rész bevezetőjében a standard anyagmezőket a bránra kényszerítő mechanizmusról olvashatunk. Vannak erre konkrét javaslatok az irodalomban? Vékony, de nem infinitezimálisan vékony brán esetén, a fejlődést $4+1$ dimenziós kezdőérték problémának tekintve, ha az anyag kezdetben egy 3 dimenziós felület közelében helyezkedik el, akkor mi biztosíthatja, hogy az anyag hosszabb idő elteltével se folyjon szét egy jóval szélesebb tartományra? A bránra korlátozott anyagmezők λ brán feszültségre és normál anyagra való felbontása egyértelmű-e, különösen nem vákuum és változó brán feszültség esetén?

A hivatkozási listában segítette volna az olvasó eligazodását, ha a cikkek címei is szerepelnek. Egyébként hasznosnak találnám, ha általában is, a doktori eljárásnál a jelöltek letölthetővé tennék a dolgozat egy olyan pdf változatát, ahol a hivatkozott cikkekre kattintás a megfelelő honlapra irányítaná az olvasót.

A doktori dolgozat kétségtelenül elegendő mennyiségű új saját tudományos eredményt tartalmaz. A mű összes tézisének új tudományos eredményként fogadom el. A doktori disszertációt nyilvános vitára alkalmasnak tartom. A doktori cím odaítélését a feltett kérdésekre adott válaszoktól függetlenül is javaslom.

Fodor Gyula
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet

2012. november 16.